

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОГО АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ DC-DC ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ НАПРУГИ ДЛЯ ГІБРИДНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Вступ. Гібридні джерела живлення (ГДЖ) дозволяють підвищити дальність пробігу електричного транспорту від однієї зарядки. Це досягається за рахунок керування потоками енергії між первинним джерелом - акумуляторною батареєю, буферним джерелом - блоком суперконденсаторів та приводним двигуном [1]. Ключовим елементом ГДЖ є DC-DC перетворювачі, що узгоджують рівні напруги елементів та забезпечують кероване перетворення енергії. В роботі [2] представлено синтез нового алгоритму керування підвищувальним DC-DC перетворювачем (бустером), що забезпечує асимптотичне регулювання напруги ланки постійного струму згідно рішень квазілінійних рівнянь динаміки замкненої системи.

Мета роботи. Розробка експериментального стенду та проведення експериментальних досліджень синтезованого алгоритму керування бустером [2].

Матеріали досліджень. Функціональна схема алгоритму [2] представлена на рис. 1. Алгоритм містить паралельні контури регулювання вхідного струму та вихідної напруги. Входом системи є задане значення напруги в ланці постійного струму, а заданий струм розраховується сталим для струму навантаження $i_L = \text{const}$.

Експериментальне дослідження алгоритму керування бустером проводилося на станції швидкого прототипного тестування, схема якої зображена на рис. 2. Установка складається з частини керування з контролером та силовій частини з акумуляторними батареями, перетворювачем та навантаженням.

Керуючий пристрій побудовано на базі 32-х розрядного цифрового сигнального процесору TMS320F28335 з плаваючою комою, в якому реалізовано розрахунок алгоритму та функції керування елементами системи.

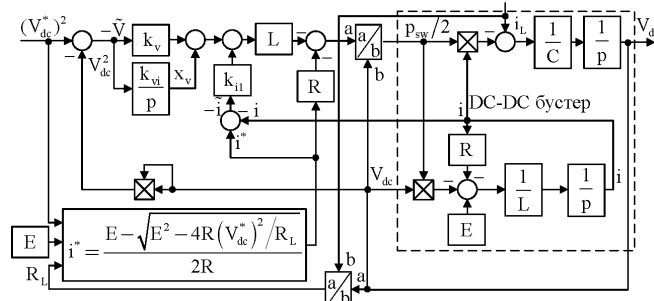


Рисунок 1 – Структурна схема алгоритму керування та бустера

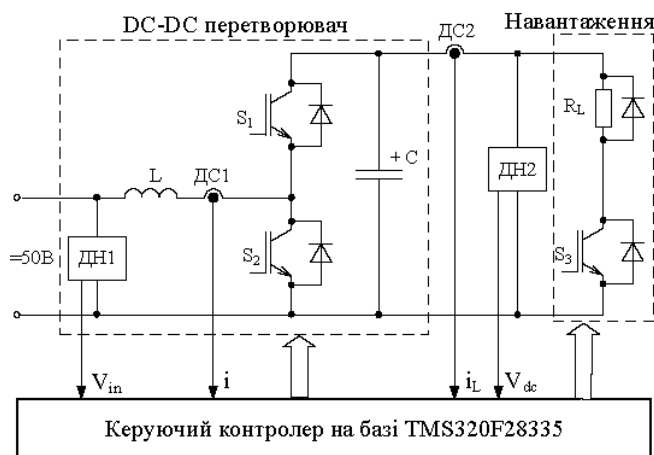


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки

Для реалізації алгоритму керування структура установки забезпечує вимірювання струмів та напруг вхідного кола і ланки постійного струму від давачів на ефекті Холла.

Силову частину побудовано на основі напівмостового IGBT бустера VT1-VT2, силового дроселя з індуктивністю L , конденсатора ланки постійного струму з ємністю C , кола навантаження з резистором R_L і ключем VT3. Силові елементи мають повну гальванічну розв'язку з колом керування, яка для цифрових сигналів реалізована на базі опторозв'язаних драйверів, а для аналогових – за рахунок конструкції давачів.

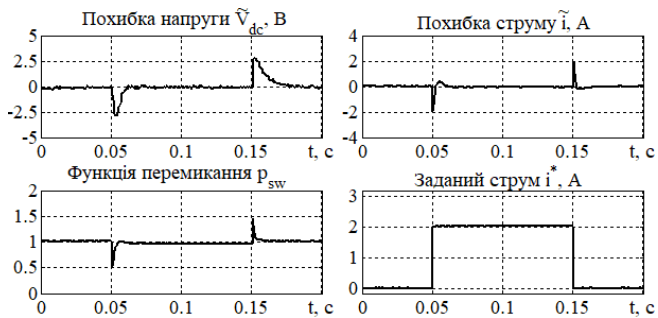


Рисунок 3 – Графіки експериментальних перехідних процесів

Умовами тесту передбачено тестування перетворювача для рівня вхідної напруги $E = 50$ В, при цьому завдання вихідної напруги приймалось постійним і дорівнювало $V_{dc}^* = 100$ В.

Значення індуктивності дроселя $L = 0.011$ Гн, його внутрішнього опору $R = 0.5$ Ом та ємності вихідного конденсатора $C = 500$ мкФ обрано за загальноприйнятими рекомендаціями для зазначених рівнів напруг. Навантаження з опором $R_L = 100$ Ом підключається до виходу перетворювача в момент часу 0.05 с, а в час 0.15 с - навантаження відмикається. Частота ШІМ становить 10 кГц, такт квантування контролера встановлено $T_s = 200$ мкс.

Коефіцієнти налаштування регулятора було обрано такими, щоб функція перемикачання не входила до обмежень, а перехідні процеси регулювання напруги були аперіодичними. Прийнято наступні значення коефіцієнтів налаштування алгоритму: коефіцієнт пропорційного регулятора струму $k_{i1} = 1000$, коефіцієнти пропорційної та інтегральної складових регулятора напруги $k_v = 1$ та $k_{vi} = 0.25$ відповідно.

Експериментальні графіки перехідних процесів наведено на рис. 3. На графіках показано період часу навантаження та розвантаження бустера, оскільки він є найбільш критичним та інформативним з точки зору ефективності перетворювача.

Для порівняння на рис. 4 представлено графіки перехідних процесів, які отримані шляхом математичного моделювання системи в програмному середовищі Matlab, тулбоці "SimPowerSystems".

При навантаженні бустера вхідний струм природно зростає для забезпечення необхі-

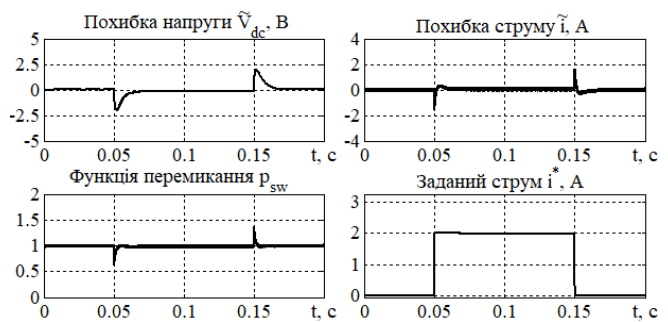


Рисунок 4 – Графіки перехідних процесів при моделюванні

дної потужності. Як слідє з аналізу рис. 3 та рис. 4, алгоритм забезпечує асимптотичне регулювання напруги в ланці постійного струму бустера при дії ступінчатого навантаження.

Висновки. Отримано наступні основні результати:

1. Розроблено експериментальну установку, що дозволяє проводити тестування алгоритму керування підвищувальним DC-DC перетворювачем в різних режимах роботи.
2. Підтверджено, що алгоритм забезпечує асимптотичне регулювання напруги в ланці постійного струму бустера при дії стрибкоподібного навантаження.
3. Експериментальні дані співпадають з результатами моделювання з високою точністю.

Література

1. Sun, L., Feng, K., Chapman, C., and Zhang, N. An Adaptive Power Split Strategy for Battery-Supercapacitor Powertrain-Design, Simulation and Experiment // IEEE Transactions On Power Electronics. – 2017. – Pp. 9364-9375.
2. Ніконенко Є. О., Пересада С. М. Новий алгоритм керування DC-DC перетворювачем напруги // Міжнародний науково-технічний журнал "Сучасні проблеми електроенерготики та автоматики". – 2017. – С. 493-499.